



佐賀城濠の熱環境



小島 昌一
KOJIMA Shoichi

佐賀大学大学院工学系研究科 教授

1. はじめに

佐賀城濠は佐賀市の重要な歴史遺産であり、市民に広く親しまれている。また、佐賀市の観光資源としての役割も持っており、良好な景観が求められている。以前は濠に多くのハスが自生していたが、外来種の食害により2007年に全滅した。その後、2010年3月13日にハス再生実行委員会による「ハス植付・ごみくい in 佐賀城南堀」により、お濠のごみくい、外来種等の捕獲が行われた（図-1）。その結果、佐賀城南濠でハスや菱等の水生植物の繁茂が見られるようになった（図-2）。

筆者は2007年11月以来、現在まで継続的に佐賀市の気温分布を調査している。これまでに水生植物の繁茂以前と以後では濠の水温分布が変化していることを確認している。水生植物が無く流れも遅い佐賀城濠から流出する水路周囲では、隣接地域より夏期夜間の気温が高めに推移していた^{1,2)}。これは水による日射蓄熱とその蓄熱成分が夜間に水面から放熱されたことが考えられる。しかし、2012年夏の調査では、南濠の一部に菱が繁茂し、その下流域において水温と気温の低下が見られた。

都市の熱環境では気温、地表面温度、風光・風速は重要な要素であろうが、本特集では気温と水温の観点から佐賀城濠の熱環境を考えたい。

2. 佐賀市の気温分布の傾向

2.1 佐賀市市街地の温度分布

ヒートアイランド現象と呼ばれる都市の高温化は大都市だけでなく佐賀市規模の都市でも起きている。都市における気温差が顕著になるのは冬期および中間期と言われている。2008年12月10日深夜の佐賀市の気温分布をみると、佐賀駅南側の中心市街地に最も高い温度分布が形成されているのがわかる（図-3）。このように市街地中心が高



図-1 佐賀城南濠のごみくい（2010年3月）



図-2 南濠に再生したハス（2014年7月）

温となり、等温線が閉曲線の形を示すのがヒートアイランド現象の特徴である。

ところで、この実測結果では、佐賀駅付近と同程度の高温部分が市街地南部の佐賀城公園付近まで広がっているのがみられる。そこで、上述の市街地実測よりさらに範囲を狭め、北は貫通道路、南は環状南通り、西は佐大通り、東は水ヶ江大通りで囲まれた範囲を2008年12月12日深夜に実測した。最も気温が高かったのは中心市街地に近い堀川町の6.4℃であり、最も低かったのは本庄町大井樋付近の3.5℃であった（図-4）。この2つ

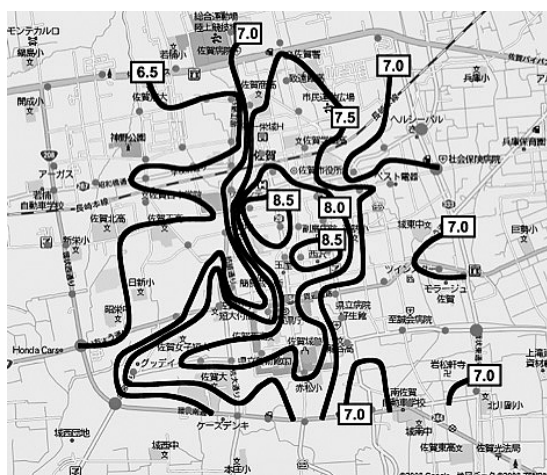


図-3 冬期市街地気温分布 (2008年12月10日)



図-4 冬期南部市街地気温・水温分布 (2008年12月12日)

の気温差は2.9℃であるが、測定範囲全体としては極端に大きな気温差は見られなかった。全体的な傾向として、南に進むに従って気温が低くなっていたが、南濠やそれに隣接する佐賀城公園は広い水面や緑地があるために特に気温が低くなったと考えられる。一方、南濠下流の水路が流れる南濠の南側住宅地では、周辺空気より温かい水路の水により加熱されるため、気温降下が抑制されたとと思われる。

次に濠の水温は、北濠・西濠は8.9～9.6℃、南濠は9.0～10.1℃であり、気温より高かった。また、南濠下流水路の水温もこれと同程度の8.9～9.8℃程度であった。次に多布施川については、測定範囲内の流域における水温の違いはほとんど見られず、1カ所のみ7.9℃と低い箇所があったが、その他は8.9～9.7℃であった。

2.2 佐賀市南部市街地温度分布

2012年8月9日および9月6日のそれぞれ午前2時～4時とし、測定範囲を北は貫通道路、南は環状南通り、西は佐大通り、東は水ヶ江大通りで囲まれた1.5km×1.5kmの範囲を測定した。行政・医療・文京施設、それと多くの戸建て住宅や集合住宅が立地する地域である。測定方法は自転車による移動計測であり、各測定点では測定機器の時定数を考慮して2分間以上滞在した。この測定では、測定可能な水辺が近傍にある測定点においては、気温と併せて河川、濠、水路等の水面温度も計測した。また、気温測定データについては、佐賀地方気象台の気温データを基に、時間補正を行っている。

高温域が佐賀城公園の北濠から西濠周辺に見ら

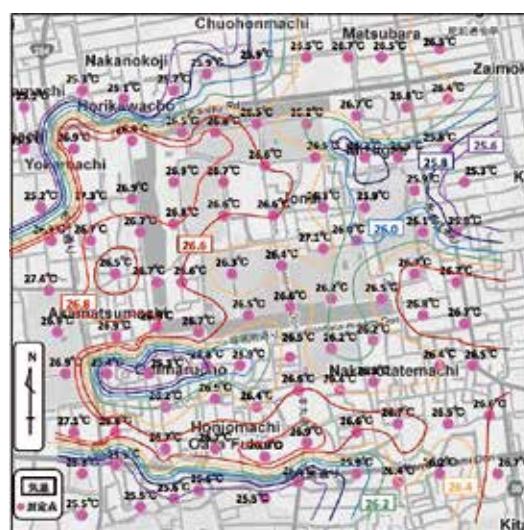


図-5 南部市街地気温分布 (2012年8月9日)

れた(図-5)。この地域の気温が高いのは、県庁や県警本部、中央郵便局が立地していることと、測定範囲外北側に隣接する商業地域にも近く、人工排熱やコンクリートやアスファルトによる昼間の蓄熱の影響があることが考えられる。また、北濠・西濠周辺地域に比べて南濠周辺では相対的に気温は低めである。これは、南濠北側に高木を含む緑地が広がっており、ここからの蒸み出し効果があることと、広い水面を有する南濠およびその周辺には高い建物が少なく、地表風により気温が降下したものと考えられる。南濠の南側には比較的气温が高い住宅地が広がっている。これは高い水温の南濠から流出している下流水路の水温が水路周囲の気温より高いために、周囲の気温降下を妨げていることが考えられる。

3. 佐賀城濠と多布施川の水温

2012年8月7日から9月9日の期間に、佐賀城

濠と城内地区（佐賀城濠内地域）を流れる多布施川の水温と気温の定点観測を行った³⁾。測定地点は、多布施川の上流・中流・下流および佐賀城北濠・西濠・南濠と南濠から流水している南濠下流水路の合計7箇所である（図-6）。

図-7、図-8に8月21日の佐賀城濠と多布施川の水温と佐賀地方気象台測定による佐賀市の気温の経時変化を例示する。両図を比較すると、佐賀城濠よりも多布施川の水温の方が低いことが分かる。午前7時頃では、多布施川上流と中流の水温の方が3つの濠の中で最も水温が低い北濠より約5℃以上低かった。また、最も水温が高くなる午後3時頃には水温差が約6℃見られた。これは多布施川の方が佐賀城濠より流速が早いために上流から低温の水が流れ込むからであろう。

図-7を見ると佐賀城濠の水温は夜間に気温より約3.5℃高いので、水面から直上の空気への放熱があるものと考えられる。また、多布施川と佐賀城濠ともに上流から下流（佐賀城濠は北濠・西濠・南濠の順）になるに従って水温は上昇している。特に、南濠の水温は終日高めに推移しており、日中の最高気温はほぼ気温に等しいくらいに上昇している。しかし、この南濠の水温と南濠から流れる下流水路の水温を比較すると、南濠下流水路の方が水温は低い。これは南濠中央の城南橋したに設置した測定点と南濠下流水路測定点との間に広大に繁茂した菱があるために、この水域において水温が低下した水が南濠下流水路に流れ出た可能性がある。したがって、菱による冷却効果を正確に検証するには、菱の群落のすぐ下流側にも測定点を設ける必要があるであった。

4. 水生植物による水温上昇抑制

佐賀大学理工学部3号館の屋上において、菱、オオカナダモ、オニバスをそれぞれ個別に栽培した容器と、水生植物を何も入れていない容器を日射と外気に曝露し、水温の変化を比較することで、水生植物の種類別に水温上昇抑制効果を比較した（図-9～12）³⁾。この実験で使用した水生植物にはオオカナダモなどの外来種も含まれるが、いずれも古くから佐賀市内に自生している水生植物である。これらの植物は河川から採取して容器内に移植して、容器一面を覆うように繁殖させた（図-9～12）。

図-13に9月12日の植物を栽培した各容器の

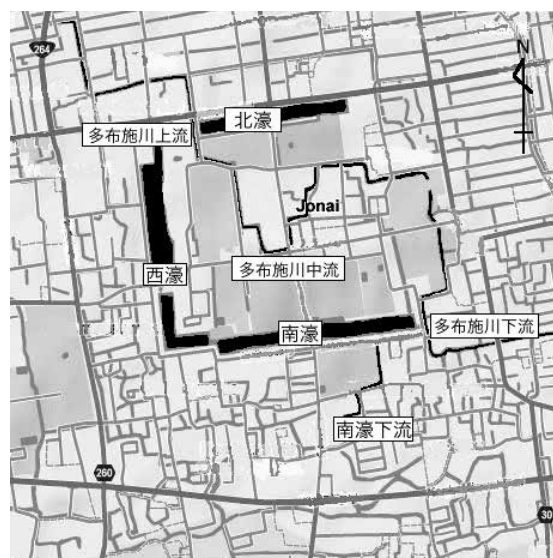


図-6 佐賀城濠と城内地区河川の水温測定点

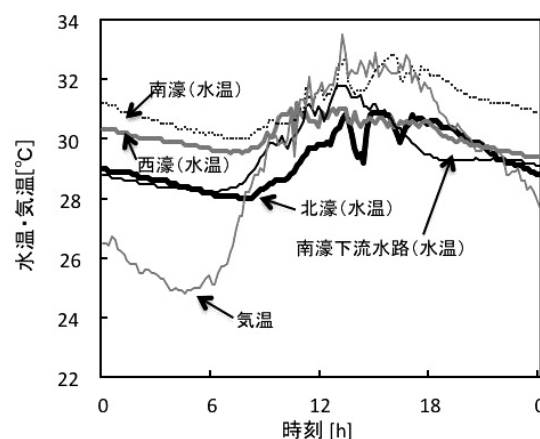


図-7 佐賀城濠水温・気温経時変化
(2012年8月21日)

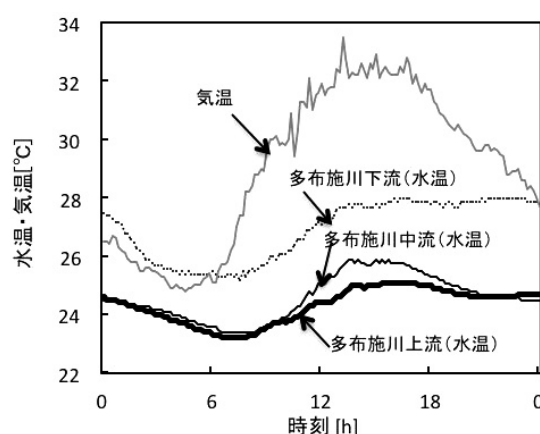


図-8 多布施川水温・気温経時変化
(2012年8月21日)



図-9 アサ（浮葉植物）



図-10 オオカナダモ（沈水植物）

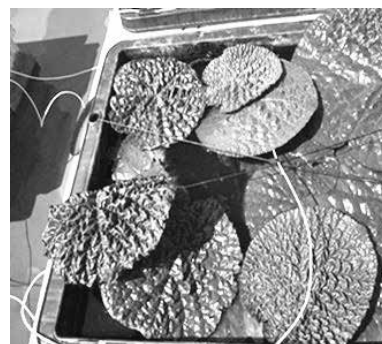


図-11 オニバス（浮葉植物）

水温の経時変化を例示する。植物無しも含めて4つの容器の中で最も水温が高かったのは植物無しであり、例示した日には水温36℃以上となった。また、夜間は植物無しの水温が最も低い値で推移した。日中最も水温が低かったのはアサであり、植物無しに比べて最高水温で9℃低く、4つの供試体の中で日中は常に最低温で推移した。オオカナダモ、オニバスも植物無しに比べて最高水温は-6.2℃、-4.9℃と低い値となった。



図-12 実験風景

5. おわりに

2013年夏期の南濠実測の結果、ハスの繁殖域の方がアサの方より水温が低いことが確認された。ハスの再生が水辺の熱環境に与える影響を今後継続的に研究していきたい。

参考文献

- 1) 小島昌一：佐賀市の気温分布に関する実態調査 その1 佐賀市の気候特性と夏季・秋季夜間の気温分布，日本建築学会九州支部研究報告，第47号・2号，pp.445-448, 2008.
- 2) 小島昌一：佐賀市街地および周辺地域の気温分布に関する実態調査 その1 佐賀市の秋季・冬季夜間気温分布測定結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，環境I，pp.979-980, 2008.
- 3) 小島昌一，今井滋，富田恵美，中熊霞：水生植物による夏季城濠水温抑制に関する基礎的研究，空気調和・衛生工学会九州支部研究報告，第20号，pp.63-66, 2013.

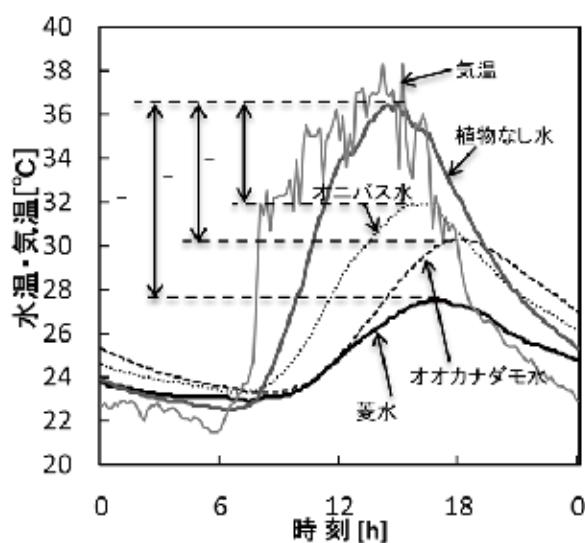


図-13 水生植物別水温変化（9月12日）